

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-134523

(43)Date of publication of application : 09.05.2003

(51)Int.Cl.

H04N 9/07
G06T 1/00
H04N 1/48
H04N 1/60

(21)Application number : 2001-328009

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 25.10.2001

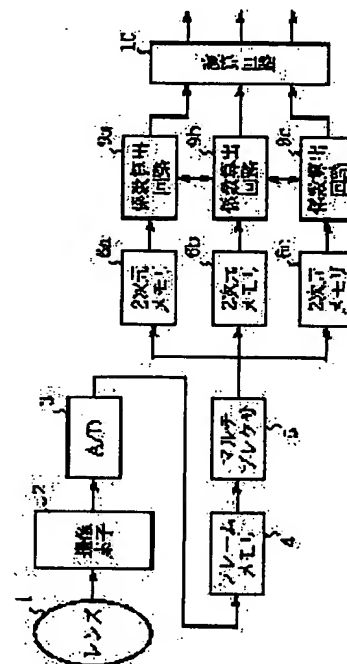
(72)Inventor : TAMURA MASAJI
MATOBA NARIHIRO

(54) IMAGE PICKUP APPARATUS AND METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve a problem in a conventional method that the method disclosed in the publication of unexamined application, JP19930056446, that may have caused particular image quality deterioration in an image because of adopting a ratio of a rate of change in a local color signal level although the method allows to sufficiently reproduce the edges of the image.

SOLUTION: When the direction of signal correlation is in a vertical direction, the signal level of a non-imaging color signal of an interpolation color tentatively decided by a geometrical similarity arithmetic operation depending on a signal level in the vertical direction is selected, and when the direction of signal correlation is in a horizontal direction, the signal level of a non-imaging color signal of the interpolation color tentatively decided by a geometrical similarity arithmetic operation depending on a signal level in the horizontal direction is selected.



LEGAL STATUS

| | |
|---|-------------|
| [Date of request for examination] | 17.12.2003 |
| [Date of sending the examiner's decision of rejection] | |
| [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] | abandonment |
| [Date of final disposal for application] | 29.07.2004 |
| [Patent number] | |
| [Date of registration] | |
| [Number of appeal against examiner's decision of rejection] | |
| [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] | |
| [Date of extinction of right] | |

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-134523

(P2003-134523A)

(43) 公開日 平成15年5月9日(2003.5.9)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード* (参考) |
|---------------------------|-------|--------------|-----------------|
| H 0 4 N 9/07 | | H 0 4 N 9/07 | C 5 B 0 4 7 |
| G 0 6 T 1/00 | 4 1 0 | G 0 6 T 1/00 | 4 1 0 5 C 0 6 5 |
| H 0 4 N 1/48 | | H 0 4 N 1/40 | D 5 C 0 7 7 |
| 1/60 | | 1/46 | A 5 C 0 7 9 |

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2001-328009(P2001-328009)

(22) 出願日 平成13年10月25日(2001.10.25)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 田村 正司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 的場 成浩

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100066474

弁理士 田澤 博昭 (外1名)

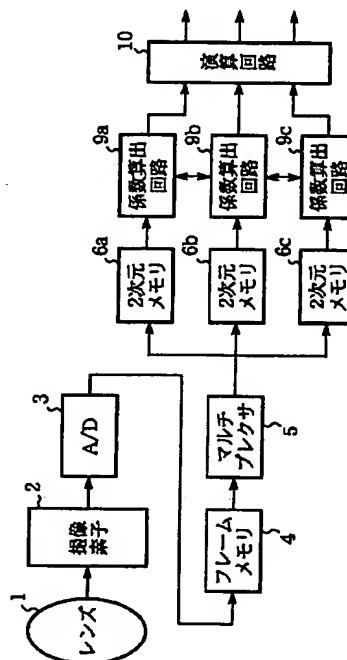
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及び撮像方法

(57) 【要約】

【課題】 特開平5-56446号公報に開示されている方法を用いれば、画像中のエッジを十分に再現することができるが、局所的な色信号レベルの変化率比を用いているため、特有の画質劣化を生じることがある課題があった。

【解決手段】 信号相関方向が垂直方向である場合、垂直方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって仮決定された補間色の非撮像色信号の信号レベルを選択し、その信号相関方向が水平方向である場合、水平方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって仮決定された補間色の非撮像色信号の信号レベルを選択する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 色補間を行う画素及び当該画素の垂直方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形と、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベル及び当該画素の垂直方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形とが相似形を成すように、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを仮決定する第 1 の信号レベル決定手段と、色補間を行う画素及び当該画素の水平方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形と、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベル及び当該画素の水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形とが相似形を成すように、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを仮決定する第 2 の信号レベル決定手段と、色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出する検出手段と、上記検出手段により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、上記第 1 の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルを選択し、その信号相関方向が水平方向である場合、上記第 2 の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルを選択する選択手段とを備えた撮像装置。

【請求項 2】 色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出する検出手段と、上記検出手段により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、色補間を行う画素及び当該画素の垂直方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形と、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベル及び当該画素の垂直方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形とが相似形を成すように、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定する第 1 の信号レベル決定手段と、上記検出手段により検出された信号相関方向が水平方向である場合、色補間を行う画素及び当該画素の水平方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形と、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベル及び当該画素の水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形とが相似形を成すように、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定する第 2 の信号レベル決定手段とを備えた撮像装置。

【請求項 3】 第 1 及び第 2 の信号レベル決定手段は、補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定する際、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における撮像色信号の信号レベルを補正し、補正後の信号レベルから幾何学図形を形成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の撮像装置。

【請求項 4】 第 1 及び第 2 の信号レベル決定手段は、色補間を行う画素の 2 次元座標を (m, n) 、色補間を行う画素における所定色の撮像色信号の信号レベルを $J(m, n)$ 、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルの平均値を $J_{A \vee B}(m, n)$ 、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを $K(m, n)$ 、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの平均値を $K_{A \vee B}(m, n)$ 、所定色の撮像色信号の信号レベルに係る幾何学図形に対する補間色の撮像色信号の信号レベルに係る幾何学図形の線分相似比を Cd とするとき、下記の演算式により補間色の非撮像色信号の信号レベル $K(m, n)$ を算出することを特徴とする請求項 3 記載の撮像装置。

記

$$K(m, n) = K_{A \vee B}(m, n) - (J(m, n) - J_{A \vee B}(m, n)) \times Cd$$

【請求項 5】 第 1 及び第 2 の信号レベル決定手段は、線分相似比が 2 分の 1 になるように、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素を選択することを特徴とする請求項 4 記載の撮像装置。

【請求項 6】 選択手段は、垂直方向に対する信号相関値と水平方向に対する信号相関値の差が所定の閾値より小さい場合、第 1 の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルと第 2 の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルとの加重平均値を選択することを特徴とする請求項 1 記載の撮像装置。

【請求項 7】 検出手段は、色補間を行う画素の垂直方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの重み付け平均値を計算するとともに、色補間を行う画素の水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの重み付け平均値を計算し、双方の重み付け平均値の大小比較により周辺領域の信号相関方向を決定することを特徴とする請求項 1 記載の撮像装置。

【請求項 8】 選択手段は、検出手段により検出された信号相関方向が 45 度方向又は 135 度方向である場合、第 1 の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルと第 2 の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルとの加重平均値を選択することを特徴とする請求項 1 記載の撮像装置。

【請求項 9】 検出手段は、色補間を行う画素の垂直方向及び水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの平均値を閾値として、その補間色の撮像色信号の信号レベルを 2 値化するとともに、色補間を行う画素における所定色の撮像色信号の信号レベルを 2 値化し、その 2 値化結果に基づいて色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出することを特徴とする請求項 1 記載の撮像装置。

【請求項10】 検出手段は、色補間を行う画素の周辺領域の画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの平均値を閾値として、その補間色の撮像色信号の信号レベルを2値化するとともに、色補間を行う画素における所定色の撮像色信号の信号レベルを2値化し、その2値化結果に基づいて色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出することを特徴とする請求項1記載の撮像装置。

【請求項11】 色補間を行う画素及び当該画素の垂直方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形と、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベル及び当該画素の垂直方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形とが相似形を成すように、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを仮決定する第1の信号レベル決定工程と、色補間を行う画素及び当該画素の水平方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形と、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベル及び当該画素の水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形とが相似形を成すように、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを仮決定する第2の信号レベル決定工程と、色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出する検出工程と、上記検出工程により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、上記第1の信号レベル決定工程により仮決定された信号レベルを選択し、その信号相関方向が水平方向である場合、上記第2の信号レベル決定工程により仮決定された信号レベルを選択する選択工程とを備えた撮像方法。

【請求項12】 色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出する検出工程と、上記検出工程により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、色補間を行う画素及び当該画素の垂直方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形と、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベル及び当該画素の垂直方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形とが相似形を成すように、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定する第1の信号レベル決定工程と、上記検出工程により検出された信号相関方向が水平方向である場合、色補間を行う画素及び当該画素の水平方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形と、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベル及び当該画素の水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルから形成される幾何学図形とが相似形を成すように、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定

10 【請求項13】 第1及び第2の信号レベル決定工程は、補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定する際、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における撮像色信号の信号レベルを補正し、補正後の信号レベルから幾何学図形を形成することを特徴とする請求項11または請求項12記載の撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【発明の属する技術分野】この発明は、複数種類の色フィルタが各素子上に1種類ずつ規則的に配列された撮像素子を有する撮像装置及び撮像方法に関するものである。

【0002】

20 【従来の技術】CCDなどの2次元撮像素子を用いた画像入力装置においては、3原色であるR色フィルタ、G色フィルタ及びB色フィルタを別個に貼り付けた2次元撮像素子を3枚用い、1回の撮影で光学系から入射される被写体の光学像を分光プリズム等で分光することにより、各原色用撮像素子に入射させて、1画面分のフルカラー画像情報を得る3板式に代表される多板式の撮像方法が知られている。

30 【0003】一方で、撮像素子を構成する画素数分の各光電変換素子上に、例えば、R色、G色、あるいはB色用のいずれか1種類のカラーフィルタを各々貼り付けた1枚の2次元撮像素子を用い、1回の撮影で得られた画像情報について各光電変換素子で得られない色信号を周辺画素信号を用いて演算により算出し、疑似的に各画素でフルカラー画像情報を得る単板式の撮影方法がある。

40 【0004】単板式は、多板式に比較して撮像素子を含む光学部品点数が少なく済むため、小型かつ低価格に装置を構成することが可能であり、民生用デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等で主に採用されている。図20は単板式2次元撮像素子として一般的なBayer型配列で原色フィルタを構成する例を示している。図中のR、G、B色信号は、光電変換素子の配置上その画素位置にてサンプリングされる撮像色信号であり、Rは赤色(R色信号)、Gは緑色(G色信号)、Bは青色(B色信号)を示している。

50 【0005】以下、原色フィルタを貼付した単板式撮像素子で得られた画像情報から色信号補間を行って非撮像色信号を生成することによりフルカラー画像を得る手順(従来の線形補間法)について説明する。図20の撮像素子を用いて撮影した画像を各画素にRGB全成分を持つフルカラー画像として生成する場合、各画素のフィルタ色(撮像色)以外の2色の非撮像色信号を生成する必要がある。

【0006】例えば、G色信号だけに着目すると、図21に示す位置にのみ、撮像によって得られたG色信号(大文字“G”で表記)が存在する。従来の一般的な技

術では、上下左右の4画素の信号の平均値からG色信号の存在しない画素におけるG色信号レベル（小文字“g”で表記）を算出して補間することにより、全画素分のG色信号を得ることができる。また、B色信号に着目すると、図22に示すように上下のB色信号からb1信号、上下左右のB色信号からb2信号、左右のB色信号からb3信号を内挿して、全画面分のB色信号を得る。R色信号においても、図23に示すように、B色信号と同様の方法にて全画素分の信号を補間することができる。上記の方法によって全画素におけるR、G、B色信号を得ることができる。

【0007】しかしながら、上記方法によりフルカラー画像を生成する従来の信号処理では、単に周辺画素信号の平均値を該当画素における色信号としているため、十分な解像度を得ることができず、画像の色変化の激しいエッジ部分に本来の被写体には存在しない偽色が発生する問題があった。単板撮像素子における図20の画像が各画素上に1色の色フィルタを配置しているために、R、G、B各色とも単板撮像素子の画素数分だけの解像度が得られないためである。また、色変化の激しいエッジでは本来相関性の低い周辺画素を参照して補間を行うために、色毎にエッジの位置が微妙にずれて偽色が発生することになる。

【0008】特開平5-56446号公報においては、かかる問題を解決するために、画像が局所的な領域では各色信号毎の信号変化に高い相関性があることを用いて、高解像度かつ偽色を良好に抑制した色補間を行う方法を開示している。

【0009】図24は特開平5-56446号公報に示された従来の撮像装置を示す構成図であり、図において、1は被写体からの入射光を集光するレンズ、2はレンズ1を通して入射した光を光電変換する撮像素子、3は撮像素子2から出力されるアナログ画像信号をデジタル画像信号に変換するA/D変換器、4は1画面分のデジタル画像信号を一時記憶するフレームメモリ、5*

$$R(m, n) = G(m, n) \times R_{LPF} / G_{LPF} \quad (1)$$

$$B(m, n) = G(m, n) \times B_{LPF} / G_{LPF} \quad (2)$$

【0012】また、式(1)、式(2)を一般化して、撮影色が色フィルタJの画素位置(m, n)において、Kの色を補間する場合の算出方法は式(3)で表され ※40

$$K(m, n) = J(m, n) \times K_{LPF} / J_{LPF} \quad (3)$$

【0013】この方法は、画像の局所的な領域では、輝度信号の変化に比べて色信号の変化が少ない、言い換えれば局所領域では色相関性が高いという撮影画像の一般的な特徴を用いている。図31は式(3)を用いてG色フィルタが存在する画素位置のR色を補間生成する場合の模式図である。図は説明の簡略化のため一次元方向のみの撮像素子を考えた場合を示している。図において、●印で示される信号は実際に撮像素子2により撮影された各色の信号レベルを示し、2点鎖線で示すグラフは参

*はフレームメモリ4上の画像データから画素位置に応じてR色信号、G色信号又はB色信号に分別するマルチプレкса、6a~6cはR色信号、G色信号又はB色信号に対応した数ライン分からなる2次元メモリ、7a~7cはR色信号、G色信号又はB色信号に対応した2次元ローパスフィルタ（以下、LPFと称する）、8は各色のLPF出力を参照して注目画素における非撮影色信号をLPF出力の比によって相似的に算出する演算回路である。

10 【0010】次に動作について説明する。レンズ1から入射した光は撮像素子2に結像する。撮像素子2では入射光を光電変換し、アナログ電気信号として出力する。出力されたアナログ電気信号はA/D変換器3によりデジタル電気信号に変換され、フレームメモリ4へ入力される。フレームメモリ4に蓄積された画像信号は図示しない制御手段によってマルチプレкса5に順次送信され、R、G、Bの複数ライン分の信号がそれぞれ別々に2次元メモリ6a~6cに書き込まれる。図25~図27は各色の有意な画像信号が2次元メモリ6a~6cに書き込まれている様子を示している。図25~図27に示された画像信号は2次元LPF7a~7cにより平滑化され、2次元LPF7a~7cは注目画素を中心として例えば図25~図27内の画像信号の平均値として出力する。図28~図30は2次元LPF7a~7cの出力値を示している。

【0011】次に、演算回路8における演算について説明する。図20において、例えば、m行n列のGの位置におけるR、Bの算出は、式(1)、式(2)のように異なる色間での信号変化割合の比を求めることで行う。ここで、 R_{LPF} はRのLPF出力値、 G_{LPF} はGのLPF出力値、 B_{LPF} はBのLPF出力値を示し、 $G(m, n)$ はG色信号の撮像位置（以下、G画素位置と称する）において実際に撮影された撮像素子2から得られる出力信号を示し、 $R(m, n)$ はG画素位置において算出するRの信号値を示している。

※。ただし、この場合の(m, n)はフレームメモリ4の2次元座標値を示している。

照するG色信号の信号変化を、実線で示すグラフはG画素位置でR色信号が正しく補間された場合の期待される信号変化を示している。

【0014】従来の線形補間法を用いて補間した場合に補間されるR色信号は、二重線上の●の信号レベルとして生成される。この場合、信号レベル変化の緩慢な領域では問題なく妥当な信号レベル値が生成されるが、画像のエッジを構成する信号レベル変化の急峻な領域では補間される色信号が十分なエッジとして再現されず、色間

の信号変化に偏りが生じることで、本来存在しない偽色として知覚されるようになる。これに対して、特開平5-56446号公報に開示されている方法を用いて色補間を行った場合に生成される色信号は、図31の☆に示される信号レベルとして再現される。従って、画像中のエッジを十分に再現することで得られるフルカラー画像は、高解像度かつ偽色の少ない高画質なものとなる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】従来の撮像装置は以上のように構成されているので、特開平5-56446号公報に開示されている方法を用いれば、画像中のエッジを十分に再現することができるが、局所的な色信号レベルの変化率比を用いているため、特有の画質劣化を生じることがある課題があった。

【0016】図32は特開平5-56446号公報に開示されている方法で色補間を行った場合に生じる画質劣*

$$G_{LPF} = (4 + 1 + 4) / 3 = 3 \quad (4)$$

$$R_{LPF} = (1023 + 1023) / 2 = 1023 \quad (5)$$

$$r3 = G3 \times R_{LPF} / G_{LPF} \\ = 1 \times 1023 / 3 = 341$$

従って、生成される補間信号値r3は同色の周辺画素信号レベルに比較して極端に低下した値になる。

【0018】これは、特開平5-56446号公報に開示されている方法が参照色Gの信号変化割合を補間しようとする色Rに対して適用するためである。即ち、 G_{LPF} の値に対してG3との比率3:1が補間比率として R_{LPF} にかかるためである。本来、1024階調のダイナミックレンジを有する信号では信号値4に対する信号値1は「信号値が1/4に変化した」という見方より、ノイズ等に影響されうる微小変化分として捉えるべき差分量である。

【0019】以上のように、特開平5-56446号に開示されている方法の場合、撮影した絵柄によっては固有の画質劣化を引き起こすなどの課題があった。また、式(3)の乗除算を撮像素子2の全画素に対して補間信号の種類の数だけ繰返し行う必要があり、演算規模が大きくなる。即ち、ソフトウェアで実現するに際して処理速度の低下を招き、電子回路で実現する際には回路規模が大きくなるという課題があった。

【0020】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、画質劣化の発生を良好に抑制することができるとともに、簡易な構成で実現可能な実用性の高い撮像装置及び撮像方法を得ることを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】この発明に係る撮像装置は、検出手段により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、垂直方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって仮決定された補間色の非撮像色信号の信号レベルを選択し、その信号相関方向が水平方向である場合、水平方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算

*化を示す模式図である。図に示すように、参照する色信号レベルのLPF値が低く微弱な変化を伴う場合で、補間生成する色信号レベルのLPF値が高い場合、即ち、高彩度の有彩色領域では、参照色信号である撮像色信号の変化割合に比例的に反応する形で補間色信号である非撮像色信号が大きな変化を生じ、結果的に該当画素が本来画像中に存在しない黒ずみや白抜けを生じることがある。

【0017】例えば、RGB入力信号が各10ビット(0~1023の範囲、0:暗、1023:明)である撮像装置を想定し、図32において局所的な信号レベルとして $G1=4$ 、 $G3=1$ 、 $G5=4$ 、 $R2=R4=1023$ であり、かつ各LPFは単純平均で算出するものとした場合、式(3)は具体的には式(4)~式(6)の演算を行うことになる。

(6)

によって仮決定された補間色の非撮像色信号の信号レベルを選択する選択手段を設けるようにしたものである。

【0022】この発明に係る撮像装置は、検出手段により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、第1の信号レベル決定手段が垂直方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定し、その信号相関方向が水平方向である場合、第2の信号レベル決定手段が水平方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定するようにしたものである。

【0023】この発明に係る撮像装置は、補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定する際、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における撮像色信号の信号レベルを補正し、補正後の信号レベルから幾何学図形を形成するようにしたものである。

【0024】この発明に係る撮像装置は、色補間を行う画素の2次元座標を(m, n)、色補間を行う画素における所定色の撮像色信号の信号レベルを $J(m, n)$ 、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における所定色の撮像色信号の信号レベルの平均値を $J_{avg}(m, n)$ 、色補間を行う画素における補間色の非撮像色信号の信号レベルを $K(m, n)$ 、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの平均値を $K_{avg}(m, n)$ 、所定色の撮像色信号の信号レベルに係る幾何学図形に対する補間色の撮像色信号の信号レベルに係る幾何学図形の線分相似比をCdとすると、下記の演算式により補間色の非撮像色信号の信号レベル $K(m, n)$ を算出するようにしたものである。

$$K(m, n) = K_{A \vee B}(m, n) - (J(m, n) - J_{A \vee B}(m, n)) \times C_d$$

【0025】この発明に係る撮像装置は、線分相似比が2分の1になるように、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素を選択するようにしたものである。

【0026】この発明に係る撮像装置は、垂直方向に対する信号相関値と水平方向に対する信号相関値の差が所定の閾値より小さい場合、第1の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルと第2の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルとの加重平均値を選択するようにしたものである。

【0027】この発明に係る撮像装置は、色補間を行う画素の垂直方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの重み付け平均値を計算するとともに、色補間を行う画素の水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの重み付け平均値を計算し、双方の重み付け平均値の大小比較により周辺領域の信号相関方向を決定するようにしたものである。

【0028】この発明に係る撮像装置は、検出手段により検出された信号相関方向が45度方向又は135度方向である場合、第1の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルと第2の信号レベル決定手段により仮決定された信号レベルとの加重平均値を選択するようにしたものである。

【0029】この発明に係る撮像装置は、色補間を行う画素の垂直方向及び水平方向に位置する画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの平均値を閾値として、その補間色の撮像色信号の信号レベルを2値化するとともに、色補間を行う画素における所定色の撮像色信号の信号レベルを2値化し、その2値化結果に基づいて色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出するようにしたものである。

【0030】この発明に係る撮像装置は、色補間を行う画素の周辺領域の画素における補間色の撮像色信号の信号レベルの平均値を閾値として、その補間色の撮像色信号の信号レベルを2値化するとともに、色補間を行う画素における所定色の撮像色信号の信号レベルを2値化し、その2値化結果に基づいて色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出するようにしたものである。

【0031】この発明に係る撮像方法は、検出工程により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、垂直方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって仮決定された補間色の非撮像色信号の信号レベルを選択し、その信号相関方向が水平方向である場合、水平方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって仮決定された補間色の非撮像色信号の信号レベルを選択する選択工程を設けるようにしたものである。

【0032】この発明に係る撮像方法は、検出工程により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、第1

の信号レベル決定工程において垂直方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定し、その信号相関方向が水平方向である場合、第2の信号レベル決定工程において水平方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定するようにしたものである。

【0033】この発明に係る撮像方法は、補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定する際、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における撮像色信号の信号レベルを補正し、補正後の信号レベルから幾何学図形を形成するようにしたものである。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1による撮像装置を示す構成図であり、図において、1は被写体からの入射光を集光するレンズ、2はレンズ1を通して入射した光を光電変換する撮像素子、3は撮像素子2から出力されるアナログ画像信号をディジタル画像信号に変換するA/D変換器、4は1画面分のディジタル画像信号を一時記憶するフレームメモリ、5はフレームメモリ4上の画像データから画素位置に応じてR色信号、G色信号又はB色信号に分別するマルチプレクサ、6a~6cはR色信号、G色信号又はB色信号に対応した数ライン分からなる2次元メモリである。9a~9cは色補間に使用する各種パラメータを演算する係数算出回路（第1の信号レベル決定手段、第2の信号レベル決定手段）、10は色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出し、その検出結果に基づいて補間色の非撮像色信号の信号レベルを最終決定する演算回路（検出手段、選択手段）である。

【0035】次に動作について説明する。レンズ1から入射した光は撮像素子2に結像する。撮像素子2では入射光を光電変換し、アナログ電気信号として出力する。出力されたアナログ電気信号はA/D変換器3によりディジタル電気信号に変換され、フレームメモリ4へ入力される。フレームメモリ4に蓄積された画像信号は図示しない制御手段によってマルチプレクサ5に順次送信され、R、G、Bの複数ライン分の信号がそれぞれ別々に2次元メモリ6a~6cに書き込まれる。

【0036】係数算出回路9a~9cでは、2次元メモリ6a~6cに一次蓄積されている色補間を行う画素位置の撮像色信号を含む同色の複数信号から後段の演算回路10で行う色補間演算に使用する各種係数を算出する。例えば、撮像色信号がR色である画素の位置（以下、R画素位置と称する）の非撮像色信号のうちG色信号を補間生成する場合、係数算出回路9aではR色の当該画素における信号レベル値 R_R 及び上下左右に2画素分離した座標に位置する4つのR色信号レベル値を用い

10

20

30

40

50

る。図2(a)はこの時のR色信号の位置関係を示し、図2(b)は各画素の2次元座標(x、y)軸及び信号レベル値の軸を加えた3次元空間上で、これらの5点が形成する2つの三角形の形状を示している。

【0037】また、係数算出回路9bでは、当該画素に隣接する4つのG色信号を用いる。図3(a)はこの時のG色信号の位置関係を示し、図3(b)は各画素の2次元座標(x、y)軸及び信号レベル値の軸を加えた3次元空間上で、これらの4点と補間すべき当該画素におけるG色信号の期待される位置が形成する2つの三角形の形状を示している。また、図4は中心画素におけるG色信号生成時に用いるxy平面上での、R色信号及びG色信号の位置関係を示している。

【0038】この実施の形態1では、参照色である撮像色信号Rが形成する2つの三角形と補間色である非撮像色信号Gが形成する2つの三角形を相似図形にした場合の相似比からG色信号の補間信号 G_R を算出する。図5は図4の座標空間上で、例えば垂直方向に位置する撮像色信号が成す三角形について、係数算出回路9aにおける基準係数の算出過程を示すフローチャートである。

【0039】まず、係数算出回路9aは、参照色Rにおける2点 R_2 、 R_4 の平均値 $R_{A \vee B}$ を算出する(ステップST1)。次に、中心点におけるR色信号 R_R と平均値 $R_{A \vee B}$ の差分値 R_H を算出する(ステップST2)。この過程で、参照色となる垂直方向のR色信号について、中心画素のR色信号が周辺画素に位置する他のR色信号の平均値に対してどの程度のオフセットがあるかが算出される。

【0040】次に、同様にG色信号に対して垂直方向の平均値 $G_{A \vee B} = (G_4 + G_2) / 2$ を算出した後、差分値 R_H を $1/2$ 倍した値を中心画素位置において推定されるG色信号成分のオフセット値として加算することで、当該画素における仮のG色成分信号 $G_{R \vee}$ を生成する(ステップST3)。同様にして、図4のxy平面上の水平方向に位置する撮像したR色信号(R_1 、 R_3)及びG色信号(G_1 、 G_3)から図5のフローチャートに従って当該画素における仮のG色成分信号 $G_{R \vee}$ を生成する。

【0041】次に、仮の出力信号として生成された垂直G色成分信号 $G_{R \vee}$ 又は水平G色成分信号 $G_{R \wedge}$ のうち、何れか一方を選択して最終的な出力信号を決定する方法について説明する。一般的に、画像の局所領域では近傍に位置する同色の信号が同程度の値である場合、その領域における絵柄には大きな変化がなく近傍での色信号に相関性が高いことが知られている。この特性を用いて、演算回路10が図6のフローチャートにしたがって垂直方向あるいは水平方向のいずれに相関性が高いかを評価し、当該画素における最終的な出力値を決定する。

【0042】まず、演算回路10は、補間生成対象であるG色信号について、各方向毎の信号レベル値の差分値

$G_V = |G_4 - G_2|$ 、 $G_H = |G_1 - G_3|$ を算出し、各方向における画像の相関性指標値とする(ステップST11)。次に、各相関性指標値の差をとり、所定のしきい値 $Th1$ との大小関係を求めることで、各方向の相関性に有意な差があるか否かを検証する(ステップST12)。

【0043】このとき、各方向の相関性に十分な差がない場合、即ち、各相関性指標値の差がしきい値 $Th1$ より小さい場合、水平G色成分信号 $G_{R \wedge}$ と垂直G色成分信号 $G_{R \vee}$ の平均値を算出し、その平均値を最終出力値 G_R として出力する(ステップST13)。一方、各方向の相関性指標値に有意な差がある場合、即ち、各相関性指標値の差がしきい値 $Th1$ より大きい場合、各方向の相関性指標値を大小比較し(ステップST14)、垂直方向の相関性指標値 G_V が水平方向の相関性指標値 G_H より小さい場合は、垂直方向の仮の垂直G色成分信号 $G_{R \vee}$ を最終出力値 G_R とし(ステップST15)、水平方向の相関性指標値 G_H が垂直方向の相関性指標値 G_V より小さい場合は、水平方向の仮の水平G色成分信号 $G_{R \wedge}$ を最終出力値 G_R とする(ステップST16)。

【0044】ここで、図7は図2における三角形(R_R 、 R_2 、 R_4)と、図5のステップST1で R_2 及び R_4 をそれらの平均値 $R_{A \vee B}$ で置き換えた点 $R_{2 \wedge}$ 及び $R_{4 \wedge}$ を用いた三角形(R_R 、 $R_{2 \wedge}$ 、 $R_{4 \wedge}$)と、期待される補間値 G_R と G_2 及び G_4 の平均値 $G_{A \vee B}$ からなる三角形(G_R 、 $G_{2 \wedge}$ 、 $G_{4 \wedge}$)との幾何学的な関係を示している。

【0045】図7において、縦軸方向は画像信号レベルの大きさに相当し、信号レベル $R_{2 \wedge} = R_{4 \wedge}$ 、 $G_{2 \wedge} = G_{4 \wedge}$ であることから三角形(R_R 、 $R_{2 \wedge}$ 、 $R_{4 \wedge}$)と三角形(G_R 、 $G_{2 \wedge}$ 、 $G_{4 \wedge}$)はいずれも二等辺三角形であり、本方式の色補間方法としては、これら2つの二等辺三角形が幾何学的に相似形をなすように構成している。即ち、R色信号が形成する二等辺三角形とG色信号が形成する二等辺三角形は、R画素間及びG画素間の距離の比から線分比が2対1であり、図7において R_H と G_H の比も同様になるようにしている。具体的には、図5のフローチャートにおいてステップST3の下段の演算式において、 R_H に対して2対1になるような値($R_H / 2$)を加算している部分がこれに該当する。

【0046】また、一般的にある領域の画像信号変化曲線を想定した場合、領域内の積分値は画像エネルギーとして定義されている。本方式で三角形を形成する2点をそれらの平均値で置き換えた二等辺三角形として定義し、それに基づいて色補間を行うことについては、この局所領域での画像エネルギーが保存された状態でやっていることから、結果的に得られる補間画像の色味などの画質については問題がないことが明らかである。以上のようにして、R画素位置におけるG色信号値 G_R がR色信号の変化に応じた値として補間出力される。

【0047】上記の例では、R画素位置のG成分を色補間する場合を示したが、任意のJ画素位置におけるK色の色補間に同様の考え方を当てはめることが可能である。図8は各色画素位置における他の色成分補間を行う際の参照色の参照画素位置と補間色の参照画素位置の関係を示したものである。図8において、(a)はB画素位置におけるG成分補間の場合を示しており、上記例のRをBに置き換えることで同一の処理手順が可能である。(b)はG画素位置におけるR成分及びB成分補間の場合であり、この場合は垂直方向あるいは水平方向のいずれか一方にしか補間色が存在しないため、相関性評*

$$\begin{aligned} K(m, n) &= K_{A \vee B}(m, n) \\ &= (J(m, n) - J_{A \vee B}(m, n)) \times C_d \quad (7) \end{aligned}$$

ただし、 $K(m, n)$ は座標 (m, n) における補間すべき非撮像色信号の信号レベル、 $J(m, n)$ は座標 (m, n) における参照色としての撮像色信号の信号レベル、 $J_{A \vee B}(m, n)$ は上記撮像色信号以外の同色撮像色信号の信号レベルの平均値、 C_d はJ色がなす二等辺三角形に対するK色がなす二等辺三角形の線分相似比を示している。

【0049】このようにして、色補間対象の画素位置を水平方向及び垂直方向に順次走査しながら各画素における全成分補間を繰返し行うことにより、1画面分の色補間処理を実行してRGB全成分信号を持つフルカラーの※

$$\begin{aligned} GH &= G_3 = 1 \\ G_{A \vee B} &= (4 + 4) / 2 = 4 \\ R_{A \vee B} &= (1023 + 1023) / 2 = 1023 \\ RH &= R_{A \vee B} + (GH - G_{A \vee B}) \times 1 / 2 \\ &= 1023 + (1 - 4) / 2 \\ &= 1022 \end{aligned} \quad \begin{aligned} (8) \\ (9) \\ (10) \\ (11) \end{aligned}$$

【0051】従って、生成される補間信号値Rは同色の周辺画素信号レベルと同等の値になるため、高彩度かつ有彩色の領域で極端に黒ずみや白抜け等の画質劣化を発生することがなくなる。以上のことから、この実施の形態1によれば、従来例が持つ高解像度かつ高画質という特徴を維持しつつ、新たな補正処理を付加することなく★

$$\begin{aligned} K(m, n) &= K_{A \vee B}(m, n) \\ &= [(J(m, n) - J_{A \vee B}(m, n)) >> 1] \quad (12) \end{aligned}$$

ただし、演算記号“>>”は左項の数値を右項で示す数だけ右側にビットシフトすることを意味する。さらに、図5及び図6における処理フローチャートでは加減算以外に2または4で割る除算を使用している。これらは式(12)における変形と同様に、2で割る除算は右に1ビットシフトで、4で割る除算は右に2ビットシフトで置き換えることができる。

【0053】このように、この実施の形態1に示す色補間方式は、加減算とビットシフトのみで全ての演算を行うことが可能である。したがって、従来の方法に比較し

* 価は行わず、補間色が存在する方向の仮出力値をそのまま最終出力値とする。また、(c)はR画素位置におけるB成分補間の場合を示しており、使用する4点の注目画素からの相対位置が斜め方向であることのみが(a)と異なるが演算その他は同等である。また、(c)におけるRとBを入れ替えることによって、B画素位置におけるR成分補間が行える。

【0048】図8の全画素の全成分補間にこのモデルが適用できることは、図5のステップST1～ST3が下式のように一般化可能であることから説明できる。

※ 画像再生が行われる。以上のように、色補間方法として局所的な画像エネルギーの比を幾何学的な相似演算で求めることにより、高解像度の色補間を達成することが可能となる。また、この方式は特開平5-56446号公報が抱える高彩度領域の黒ずみ等の画質劣化も発生することがない。

【0050】例えば、従来例で示した局所的な10ビットの信号レベルとして $G_1 = 4$ 、 $G_3 = 1$ 、 $G_5 = 4$ 、 $R_2 = R_4 = 1023$ であり、図2及び式(7)に従って注目画素におけるR色信号値を算出した場合、以下の式(8)～式(11)の演算を行うことになる。

★ 課題を解決することができる。

【0052】また、この実施の形態1では、式(7)の C_d 値として、図4における参照色と補間色の座標関係から常に $1/2$ を使用する。従って式(7)は式(12)のように置き換えることが可能である。

てソフトウェアで実現する場合は高速動作が可能であり、電子回路で実現する場合は回路規模が小さく、装置の小型化及び低コスト化に寄与することができるという効果がある。

【0054】実施の形態2. この実施の形態2は、係数算出回路9a～9cにおけるパラメータ算出方法とパラメータ数が上記実施の形態1と異なる。即ち、上記実施の形態1における相関度検出方法は、直交する2方向についてそれぞれ2画素を1組とした画素群に関して相関検出演算を行っていたが、この実施の形態2では、これ

を直交する2方向についてそれぞれ2画素を1組とした複数組ずつの画素群に関して行うようにする。

【0055】例えば、上記実施の形態1と同様に、R画素位置におけるG色信号の補間について説明する。図9は演算のために参照するR画素及びG画素についての相対位置関係を模式的に示したものである。係数算出回路9aでは、2次元メモリ6aに入力された数ライン分のR色信号から参照用信号として図9の各R点の値をロードする。また、補間用色信号として2次元メモリ6bから図9の各G点を係数算出回路9bにロードする。係数算出回路9bでは、これらのG色信号から例えば図10のフローチャートに従って注目画素における縦方向及び横方向の画像の相関性を評価する。

【0056】始めに、G色信号の注目画素に対する上下方向及び左右方向の差分値から相関度を算出する（ステップST21）。この際、縦方向のG4及びG2あるいは横方向のG1及びG3のみから相関度を算出した場合、注目画素近傍に画像中のエッジやG色信号のサンプリング周波数近傍の画素が存在するとき、方向の相関性を誤検出する場合があるため、この実施の形態2においては、それぞれの方向に位置する複数の画素群を用いて方向の相関度を評価する。

【0057】ここでは、垂直方向の相関度評価のために、上記実施の形態1に示したG4及びG2の差分値に加えて、その1列隣に位置するG5、G1、G1'を通る線分、及びG6、G3、G1'2を通る線分についてG1及びG3に対する差分値を求め、それらにG4及びG2で算出した相関度を加算する。通常、被写体として得られるエッジ成分は1画素のみの幅からなるラインとして形成されることは少なく、複数ラインにまたがっていることが多い。従って、同一方向の複数ラインについて相関度を評価することで、補間後の画像に相関度の孤立点が発生することに起因する画質の違和感を抑制することができる。同様にして、水平方向の相関度についても、注目画素上及びその前後行に存在するラインから、この領域の平均相関度を算出する。

【0058】次に、これらの差分値 G_v 及び G_h の差を所定のしきい値 $Th2$ と比較し（ステップST22）、 $Th2$ に比べて小さければ垂直方向及び水平方向とも大きな相関性の差がないと判断して、上記実施の形態1と同様に図5の方法で求めた垂直方向の仮の垂直G色成分信号 G_{Rv} と水平方向の仮の水平G色成分信号 G_{Rh} の平均値を補間された出力信号値として出力する（ステップST23）。一方、ステップST22で垂直または水平相関度に著しい偏りがあると判断した場合は、それらの大小を比較して（ステップST24）、相関度が高い方の仮信号出力値を最終的な信号出力値として出力する（ステップST25、ST26）。

【0059】同様の手順を用いることで、R画素位置におけるB色信号あるいは他の色画素位置における全ての

補色信号は、図7及び式(7)または式(12)から算出することができる。ここで、図8(b)の場合は参照色が水平方向または垂直方向のいずれかにのみ存在するため相関方向検出は行わず、存在する1方向を無条件で使用する。また、参照色と補間色が図8(c)の画素配置にある場合は、90度交差した異なる2方向の相関性を求めることで同等の効果が得られる。このようにして、撮影画像データを水平方向及び垂直方向に順次走査して色補間処理を行うことで1画面分のフルカラー画像が得られる。

【0060】上記実施の形態1では、補間方向を決定する際の相関度検出を注目画素に隣接する2画素ずつ1組のみを用いて行ったが、この実施の形態2のように、各方向に対して注目画素近傍における複数組について相関度を判定することにより、画像中のある領域における相関方向に特異点が生じにくくなるため、画像の周辺領域のエッジ特性まで考慮に入れた安定感のある相関度判定を行うことが可能になる。

【0061】この実施の形態2においては、ある1方向の相関度判定を行う場合、図10のステップST21のように、絶対値記号で囲まれた各相関度値を単純加算して算出する例について説明したが、この限りではなく、例えば、垂直方向に関しては注目画素上を通る線分に対する $|G4 - G2|$ の項とそれ以外の隣接線分項を重み付け加算し、水平方向についても注目画素上を通る線分に対する $|G1 - G3|$ の項とそれ以外の隣接線分項を重み付け加算する構成にしてもよい。

【0062】実施の形態3. この実施の形態3は、係数算出回路9a～9cにおけるパラメータ算出方法とパラメータ数が上記実施の形態1と異なる。即ち、上記実施の形態1における相関度検出方法は、直交する2方向についてそれぞれ1組ずつの画素群に関して相関検出演算を行っていたが、この実施の形態3では、これを直交する2方向及びそれらと45度ずれた斜め方向の2方向について、それぞれ1組ずつの画素群に関して行うようにする。

【0063】例えば、上記実施の形態1と同様に、R画素位置におけるG色信号の補間について説明する。係数算出回路9aでは、2次元メモリ6aに入力された数ライン分のR色信号から参照用信号として図9の各R点の値をロードする。また、補間用色信号として2次元メモリ6bから図9のG1、G2、G3、G4の各点を係数算出回路9bにロードする。係数算出回路9bでは、これらのG色信号から例えば図11のフローチャートに従って注目画素における各方向の画像の相関性を評価する。

【0064】始めに、G色信号の注目画素に対する上下左右方向及び斜め方向の差分値から相関度を算出する（ステップST31）。この際、この実施の形態3においては、上記実施の形態1に示した上下左右方向に加え

て、同様にG1、G2、G3、G4の4画素を用いて斜め方向の相関度を評価する。ここでは、水平軸に対して135度方向の相関を評価するために $G_{vh} = (|G4 - G3| + |G1 - G2|) / 2$ を算出し、水平軸に対して45度方向の相関を評価するために $G_{hv} = (|G4 - G1| + |G3 - G2|) / 2$ を算出する。これらの値を2で割っているのは、斜め方向の相関度値と垂直及び水平の相関度値の次元を揃えるためである。

【0065】次に、得られた各方向の相関度値の最小値を算出する(ステップST32)。ここで、4つの相関値に関する最小値が複数ある場合は、後段のステップST34の演算に進むために、ここでは便宜上斜め方向の G_{vh} または G_{hv} を最小値として定義する。次に、最小相関値が斜め方向であるか否かを判定し(ステップST33)、斜め方向である場合は、別途図5の方法で算出した垂直方向の仮出力信号値及び水平方向の仮出力信号値の平均値を補間色の出力信号値として出力する(ステップST34)。また、最小相関値が垂直方向または水平方向である場合は、いずれか最小である方向を検出し(ステップST35)、該当する方向の仮出力信号値を出力信号値として出力する(ステップST36、ST37)。

【0066】上記実施の形態1では、補間方向を決定する際の相関度検出方向を注目画素に隣接する2画素ずつの2方向のみを用いて行ったが、この実施の形態3のように斜め方向に対して相関度を判定することにより、例えば、画像中を横切る斜め線を垂直方向または水平方向のみの相関値で補間することにより発生するジャギーと呼ばれる階段状のギザギザが生じ難くなり、より自然な質感で補間が可能な相関度判定を行うことが可能になる。

【0067】この実施の形態3においては、最小相関度値が複数ある場合の処置を一律に、最小相関度値が斜め方向であると判定し、垂直方向の仮信号出力値と水平方向の仮信号出力値の平均値を最終的な信号出力値としたが、この限りではなく、垂直方向または水平方向の何れか一方の相関値が最小値である場合、つまりそれと斜め方向の相関値のいずれかまたは双方が最小値になる場合、この垂直方向または水平方向の何れか一方の仮信号出力値を最終的な信号出力値として出力するようにしてもよい。この場合、補間される画像は、この実施の形態3で示した方法に比べて、より高周波成分を含むエッジを再現可能になる。

【0068】実施の形態4。この実施の形態4は、係数算出回路9a~9cにおけるパラメータ算出方法とパラメータ数が上記実施の形態1と異なる。即ち、上記実施の形態1における相関度検出方法は、直交する2方向についてそれぞれ1組ずつの画素群に関して相関検出演算を行っていたが、この実施の形態4では、これを直交する2方向についてそれぞれ複数組ずつの画素群に関して

行い、かつこれらと異なる2方向についてもそれぞれ複数組ずつの画素群に対して行うようにする。

【0069】例えば、上記実施の形態1と同様に、R画素位置におけるG色信号の補間について説明する。係数算出回路9aでは、2次元メモリ6aに入力された数ライン分のR色信号から参照用信号として図9の各R点の値をロードする。また、補間用色信号として2次元メモリ6bから図9の各G点を係数算出回路9bにロードする。係数算出回路9bでは、これらのG色信号から例えば図12のフローチャートに従って注目画素における各方向の画像の相関性を評価する。

【0070】始めに、G色信号の注目画素に対する上下左右方向及び斜め方向の差分値から相関度を算出する(ステップST41)。この際、縦方向を例にとった場合、G4及びG2あるいは横方向のG1及びG3のみから相関度を算出すると、注目画素近傍に画像中のエッジやG色信号のサンプリング周波数近傍の画素が存在したとき、方向の相関性を誤検出する場合があるため、この実施の形態4においては、それぞれの方向に位置する複数の画素群を用いて方向の相関度を評価する。

【0071】ここでは、垂直方向の相関度評価のために、上記実施の形態1に示したG4及びG2の差分値に加えて、その1列隣に位置するG5、G1、G11を通る線分、及びG6、G3、G12を通る線分についてG1及びG3に対する差分値を求め、それらにG4及びG2で算出した相関度を加算する。通常、被写体として得られるエッジ成分は1画素のみの幅からなるラインとして形成されることは少なく、複数ラインにまたがっていることが多い。従って、同一方向の複数ラインについて相関度を評価することで、補間後の画像に相関度の孤立点が発生することに起因する画質の違和感を抑制することができる。

【0072】同様に、水平方向の相関度についても注目画素上及びその前後行に存在するラインから、この領域の平均相関度を算出する。また、斜め方向に関しても、例えば水平軸を基準に135度方向に関しては、 $|G4 - G3|$ 、 $|G1 - G2|$ 、 $|G6 - G8|$ 、 $|G9 - G11|$ の4つの組の相関度を算出して加算し、水平軸を基準に45度方向については、 $|G4 - G1|$ 、 $|G3 - G2|$ 、 $|G5 - G7|$ 、 $|G10 - G12|$ の4組に関して相関度を算出して加算する。

【0073】次に、得られた各方向の相関度値の最小値を算出する(ステップST42)。ここで、4つの相関値に関する最小値が複数ある場合は、後段のステップST44の演算に進むために、ここでは便宜上斜め方向の G_{vh} または G_{hv} を最小値として定義する。次に、最小相関値が斜め方向であるか否かを判定し(ステップST43)、斜め方向である場合は別途図5の方法で算出した垂直方向の仮出力信号値及び水平方向の仮出力信号値の平均値を補間色の出力信号値として出力する(ステ

ップST44)。一方、最小相関値が垂直方向または水平方向である場合は、いずれか最小である方向を検出し(ステップST45)、該当する方向の仮出力信号値を出力信号値として出力する(ステップST46、ST47)。

【0074】以降、上記実施の形態1と同様の手順を用いることで、R画素位置におけるB色信号あるいは他の色画素位置における全ての補色信号は、図7及び式

(7)または式(12)から算出することができる。ここで、図8(b)の場合は参照色が水平方向または垂直方向のいずれかにのみ存在するため、相関方向検出は行わず存在する1方向を無条件で使用する。また、参照色と補間色が図8(c)の画素配置にある場合は、90度交差した異なる2方向の相関性を求めることで同等の効果が得られる。このようにして、撮影画像データを水平方向及び垂直方向に順次走査して色補間処理を行うことで1画面分のフルカラー画像が得られる。

【0075】この実施の形態4においては、相関性評価のために4つの方向を用い、かつそれぞれの方向においては複数組のラインについて相関性評価を行うように構成しているため、2方向のみあるいは各方向1組のみに対して相関検出する場合に比べて、周辺領域の画像特性を考慮した安定感のある方向検出が可能になるという効果がある。

【0076】この実施の形態4においては、ある1方向の相関度判定を行う場合、図12のステップST41のように絶対値記号で囲まれた各相関度値を単純加算して算出する例について説明したが、この限りではなく、例えば垂直方向に関しては注目画素上を通る線分に対する $|G4 - G2|$ の項とそれ以外の隣接線分項を重み付け加算し、水平方向についても注目画素上を通る線分に対する $|G1 - G3|$ の項とそれ以外の隣接線分項を重み付け加算する構成にしてもよい。

【0077】実施の形態5。この実施の形態5は、係数算出回路9a~9cにおけるパラメータ算出方法とパラメータ数が上記実施の形態1と異なる。即ち、上記実施の形態1においては、注目画素を中心とした2つの方向について複数の画素の差分値から方向の相関性を算出し、より相関性の高い方向について補間した仮信号出力値を最終的な信号出力値としていたが、この実施の形態5では、方向相関性を色補間する対象画素を中心とした3×3画素からなるウィンドウを用いてパターンマッチング法を行うことにより判定する。

【0078】以下、この実施の形態5の具体的な動作について説明する。例えば、上記実施の形態1と同様に、R画素位置におけるG色信号の補間について説明する。図13は演算のために参照するR画素及びG画素についての相対位置関係を模式的に示したものである。係数算出回路9aでは、2次元メモリ6aに入力された数ライン分のR色信号から参照用信号として図13の各R点の

値をロードする。また、補間用色信号として2次元メモリ6bから図9の各G点を係数算出回路9bにロードする。係数算出回路9bでは、これらのG色信号から例えば図14のフローチャートに従って注目画素における縦方向及び横方向の画像の相関性を評価する。

【0079】始めに、注目するR色信号位置近傍の補間色である4つのG色信号G1、G2、G3、G4の平均値を算出する(ステップST51)。次にステップST51で算出した平均値をしきい値として、G1、G2、G3、G4を0または1に2値化し、それぞれG1'、G2'、G3'、G4'とする(ステップST52)。次にこれら2値化された4点が形成するパターンを、垂直方向または水平方向に相関性があるパターンかそれ以外かを判定する(ステップST53)。

【0080】ここで、2値化された4点が形成するパターンの種類としては、図15に示すように15種類ある。このうち、図15の各ウィンドウに示す太枠で囲んだ領域は、注目画素を挟んで垂直方向あるいは水平方向に同じ値に2値化された画素が存在するため、その方向に相関性が高いと判断でき、ステップST53の比較式を用いることでウィンドウ内に太枠が存在するパターンか否かが判定できる。

【0081】次に、垂直方向または水平方向のいずれにも相関性が見出せなかった場合、別途図5の方法で算出しておいた垂直方向の仮信号出力値及び水平方向の仮信号出力値の平均値を最終的な信号出力値として出力する(ステップST54)。一方で、ステップST53から垂直方向または水平方向に相関性があると判断した場合、それが垂直方向の相関であるか否かを判定する(ステップST55)。その結果、垂直方向に相関が高いと判断した場合、垂直方向の仮信号出力値を最終的な信号出力値として出力し(ステップST56)、水平方向に相関が高いと判断した場合は、水平方向の仮信号出力値を最終的な信号出力値として出力する(ステップST57)。

【0082】以降、上記実施の形態1と同様の手順を用いることで、R画素位置におけるB色信号あるいは他の色画素位置における全ての補色信号は、図7及び式(7)または式(12)から算出することができる。ここで、図8(b)の場合は参照色が水平方向または垂直方向のいずれかにのみ存在するため相関方向検出は行わず存在する1方向を無条件で使用する。また、参照色と補間色が図8(c)の画素配置にある場合は、90度交差した異なる2方向の相関性を求めることで同等の効果が得られる。このようにして、撮影画像データを水平方向及び垂直方向に順次走査して色補間処理を行うことで1画面分のフルカラー画像が得られる。この実施の形態5では、図15における太枠で示した相関方向の決定方法を示したが、この限りではなく、画像の特性を考慮するなどして、図14のステップST53及びステップS

T55のパターン判定方法を変更することにより、方向相関の評価結果を検出されるパターン毎に定義することができるといふ効果がある。

【0083】なお、この実施の形態5では、非撮像素子位置を中心とする垂直方向及び水平方向の近傍2画素（計4画素）の撮像素子信号の信号レベルの平均値を閾値として、それらの画素の撮像素子信号の信号レベルを2値化するとともに、中心位置の撮像素子信号の信号レベルを2値化し、その2値化結果に基づいて色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出するものについて示したが、これに限るものではなく、例えば、非撮像素子位置を中心とする5×5画素からなる参照ウィンドウ内の撮像素子信号の信号レベルの平均値を閾値として、それらの画素の撮像素子信号の信号レベルを2値化するとともに、中心位置の撮像素子信号の信号レベルを2値化し、中心位置の撮像素子信号を含む同一の2値化結果が辿る方向に相関度が高いものとして、周辺領域の信号相関方向を検出するようにしてよい。

【0084】実施の形態6：図16はこの発明の実施の形態6による撮像装置を示す構成図であり、図において、図1と同一符号は同一または相当部分を示すので説明を省略する。11は所定画素における色補間結果を他の色補間時に利用するため、色補間により生成されたG色信号用のラインバッファである。

【0085】次に動作について説明する。被写体の撮像から色補間処理アルゴリズムに及ぶまで、上記実施の形態1における二等辺三角形モデルの適用が可能である。この実施の形態6における処理上の差異は、参照色と補間色の画素配置である。図17は、この実施の形態6を実施の形態1に示す二等辺三角形モデルに適用した場合の参照画素及び補間画素の位置関係を示している。図において、(a)はR画素位置におけるG色信号補間時の補間画素Gと参照画素Rの位置関係を示したものであり、RをBに置き換えることでB画素位置におけるG色信号補間についても同様に説明できる。

【0086】また、(b)はB色信号とG色信号のみを含むラインにおけるG画素位置のB色信号及びR色信号補間時の補間画素B及びRと参照画素Gの位置関係を示したものであり、RとBを入れ替えることでR色信号とG色信号のみを含むラインにおけるG画素にも適用できる。また、(c)はR画素位置におけるB色信号補間時の補間画素Bと参照画素Gの位置関係を示したものであり、RとBを入れ替えることにより同様に異なるラインでの適用が可能である。図中、大文字のアルファベットは撮影信号を表し、小文字のアルファベットgの添え字を持つ信号は他のプロセスで既に補間生成された該当色画素におけるG色信号を表している。以下に、処理の流れについて説明する。

【0087】係数算出回路9a～9cでは、注目画素の非撮像素子を補間生成するために各色の2次元メモリ6a

～6cの撮像データを用いると共に各係数算出回路間で通信して演算パラメータを算出し、演算回路10に引き渡す。演算回路10では、これらのデータを元に非撮像素子の補間生成演算を行う。これらの演算アルゴリズムは上記実施の形態1で説明した通りである。また、図17(a)に示すR画素位置またはB画素位置におけるG色信号補間は上記実施の形態1と同様である。

【0088】G画素位置におけるB色信号及びR色信号補間時は、図17(b)の3×3画素からなるウィンドウ内にそれぞれの色信号が水平方向もしくは垂直方向の何れかのみに存在しているため、相関方向の評価は行わず存在する方向成分の信号から色補間を行う。このとき、参照色として使用するG色信号は図17(a)のR画素位置またはB画素位置におけるG色信号補間により過去に生成済みのG成分を使用する。従って、二等辺三角形モデルを適用する際は、三角形の底辺である撮像素子信号Rの2点間の距離及び非撮像素子信号G（ここではRgまたはBg）の2点間の距離は等しく、図形の相似比が1対1であるため式(7)におけるCd値は1（式(12)では右シフトするビット数を0）として演算を実行する。

【0089】また、図17(c)のR画素位置におけるB色信号（またはB画素位置におけるR色信号）補間時についても、参照色をG色信号とし補間色信号の画素位置における既に生成済みの信号値を用いる。この場合についても、各二等辺三角形の相似比は1対1となる。以上の処理を水平方向及び垂直方向に順次走査しながら実行し、補間済みのG色信号を出力するほか、ラインバッファ11に必要量一次蓄積して再参照することを繰返すことで1画面分の撮像データに対する色補間処理が完了する。

【0090】この実施の形態6においては、上記実施の形態1とは異なり、補間色位置における生成済みのG色信号を参照信号として用いることで、各幾何学モデルの相似比が1対1になることと、図17の(b)及び

(c)に示すように、参照点が補間点に近接していることにより、より高精度の色補間を行うことができることで、より高画質な画像再生が可能になる。また、同時に全てのステップで参照色をGに統一しているため、色毎の相関方向の相違に起因する補間結果のばらつきがもたらす画質劣化を最小限に抑制できるという効果がある。

【0091】また、全ての参照色に生成済みのG色信号を使用するために、複数の生成済み色信号を用いる場合に比べて、ラインバッファ11の容量を最小限に抑制することができる。例えば、この実施の形態6におけるフレームメモリ4に蓄積されている処理対象画素を含む数ラインの内容を図18に示す。図において、(c)のR画素位置におけるB色信号生成及び(b)のG画素位置におけるB色信号生成を行うためには、各図太枠内のアンダーラインを施したR画素位置におけるG色信号Rg

が既に生成されている必要がある。従って、R画素位置及びB画素位置におけるG色信号補間は同図(a)の相對位置で行う必要があり、ラインバッファ11には図19に示す生成済みG色信号gを蓄積することになる。この実施の形態6の場合、約2ライン分(生成済みG色信号は1画素置きであるため画素間を詰めた場合1ライン分)のラインバッファを付加すればよいことになる。

【0092】参照色の種類と各参照画素位置については、参照色の形成する図形と補間色の形成する図形が相似であれば種々考案されるが、一切の生成済み信号を使用しない場合、参照点のサンプリング間隔が広くなり十分な解像度を持つ画像を再生しにくいという欠点がある。これに対して、この実施の形態6のように補間点に近接した位置の生成済み信号を用いる場合でも、複数色の参照色を使用する場合、ラインバッファの必要量が増大し装置コストが上昇する。従って、この実施の形態6に示す参照色の種類及び参照位置は、本発明による色補間方法を実現する場合に、画質と装置コストのトレードオフを最もバランスよく実現したものと言える。

【0093】以上の全ての実施の形態においては、撮影後の画像処理として色補間処理についてのみで構成するブロック構成を示したが、実際の撮像装置を構成する際にオートホワイトバランス処理(白色補正)、 γ 補正処理(階調特性の補正)、フィルタ処理(輪郭強調やノイズ除去)、JPEG圧縮処理(画像データ圧縮保存)等の通常撮像装置で使用する処理と組合せても同等の効果を得られることは言うまでもない。

【0094】また、LCDインタフェース(画像表示用液晶ディスプレイ・インタフェース)、フラッシュメモリインタフェース(撮影画像保存媒体インタフェース)などの入出力インタフェースを付加しても同等の効果を得られることも言うまでもない。また、以上の全ての実施の形態においては、撮像装置の内部で色補間処理を実行可能な構成について例を示したが、この限りではなく、パーソナルコンピュータやカラープリンタなど、撮像装置に直接あるいは記憶媒体を間接的に経由して接続可能で、撮像装置を使用して入力した画像を扱ういずれの機器上で構成してもよい。

【0095】また、以上の全ての実施の形態においては、撮像素子2としてRGBの色フィルタが図20に示すようにBayer型に配列する単板カラーセンサを使用するデジタルスチルカメラについて例を示したが、この限りではなく、撮像素子2の表面上に複数色の色フィルタが規則的に配置され、色補間処理を行うことによりフルカラー画像を得るように構成される単板あるいは多板式の撮像素子を用いたデジタルビデオカメラを含む撮像装置で入力される画像であれば同等の効果を得ることができる。

【0096】また、以上の全ての実施の形態においては、撮像素子2において光電変換された画像データをA

／D変換器3でデジタル化した後、一旦フレームメモリ4に1画面分保持する構成を示したが、この限りではない。即ち、撮影時のデータストリームに同期して、画素あるいは複数ライン毎に色補間を含む画像処理を実施するように構成することも可能である。また、全体回路構成としてマルチプレクサ5を用いてフレームメモリ4から各色用2次元メモリ6a～6cに必要なライン数分の画像データをコピーした後、色補間処理を行う構成を示したが、これについてもこの限りではなく、係数算出回路9a～9cが直接フレームメモリ4内の画像データにアクセス可能な構成にすることも可能である。

【0097】実施の形態7. 上記実施の形態1～6では、先に補間色の非撮像色信号の信号レベルを仮決定してから、色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出し、その検出結果に基づいて補間色の非撮像色信号の信号レベルを最終決定するものについて示したが、先に色補間を行う画素の周辺領域の信号相関方向を検出し、その検出結果に基づいて補間色の非撮像色信号の信号レベルを算出して決定するようにしてもよい。

【0098】

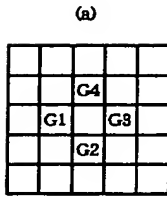
【発明の効果】以上のように、この発明によれば、検出手段により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、垂直方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって仮決定された補間色の非撮像色信号の信号レベルを選択し、その信号相関方向が水平方向である場合、水平方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって仮決定された補間色の非撮像色信号の信号レベルを選択する選択手段を設けるように構成したので、画質劣化の発生を良好に抑制することができるとともに、簡易な構成で実現することができる効果がある。

【0099】この発明によれば、検出手段により検出された信号相関方向が垂直方向である場合、第1の信号レベル決定手段が垂直方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定し、その信号相関方向が水平方向である場合、第2の信号レベル決定手段が水平方向の信号レベルによる幾何学的な相似演算によって補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定するように構成したので、画質劣化の発生を良好に抑制することができるとともに、簡易な構成で実現することができる効果がある。

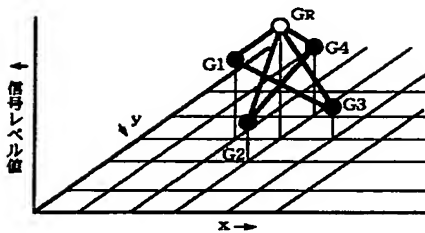
【0100】この発明によれば、補間色の非撮像色信号の信号レベルを決定する際、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素における撮像色信号の信号レベルを補正し、補正後の信号レベルから幾何学図形を形成するように構成したので、幾何学的な相似演算の簡単化を図ることができる効果がある。

【0101】この発明によれば、色補間を行う画素の2次元座標を(m, n)、色補間を行う画素における所定色の撮像色信号の信号レベルをJ(m, n)、色補間を行う画素の垂直方向又は水平方向に位置する画素にお

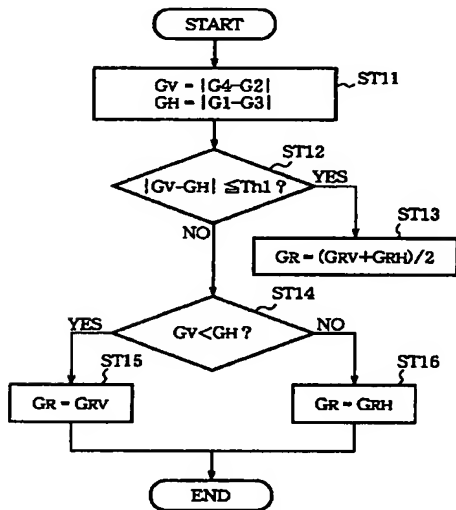
【図3】



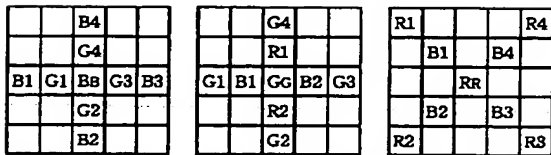
(b)



【図6】

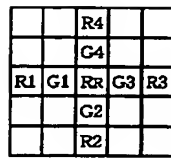


【図8】

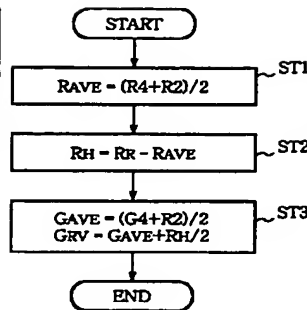


(a) B面素位置のG成分 (b) G面素位置のR/B成分 (c) R面素位置のB成分

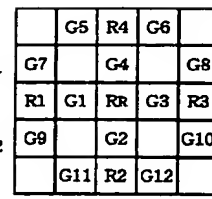
【図4】



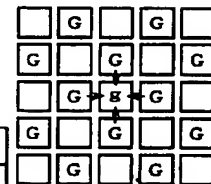
【図5】



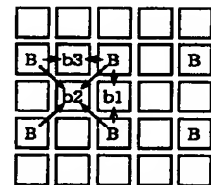
【図9】



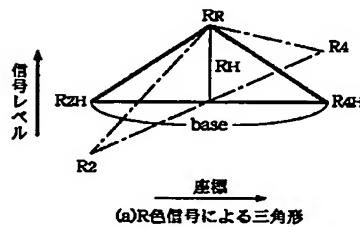
【図21】



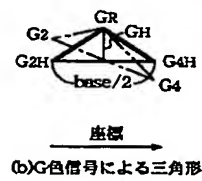
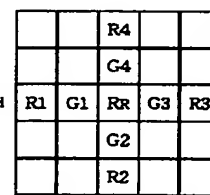
【図22】



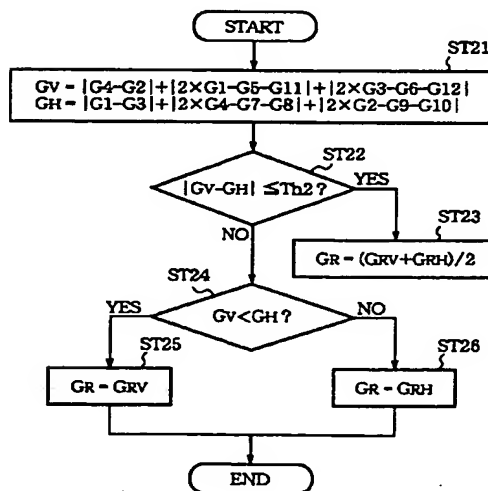
【図7】



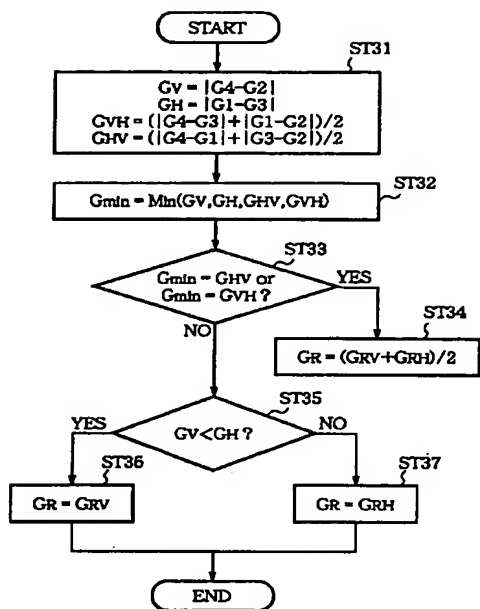
【図13】



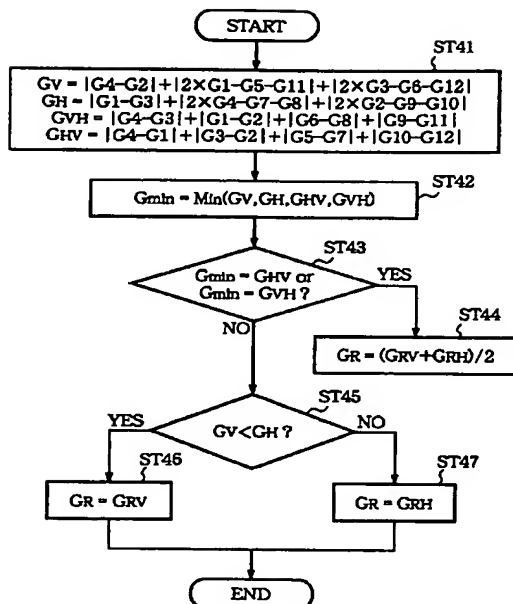
【図10】



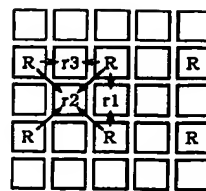
【図11】



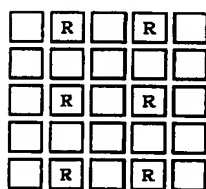
【図12】



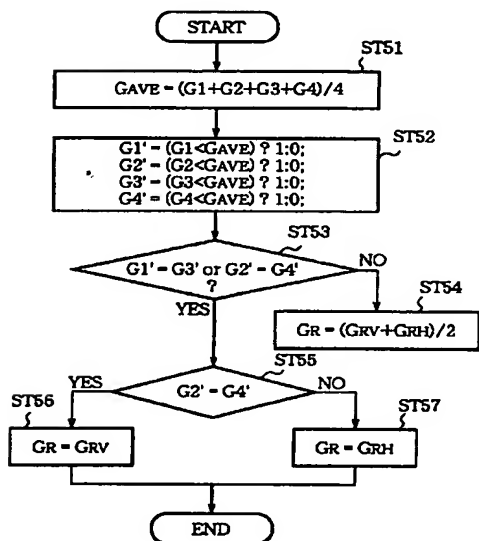
【図23】



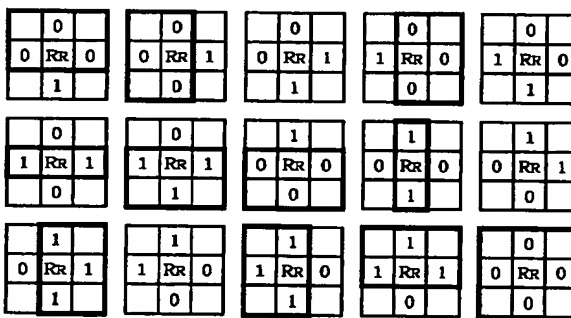
【図25】



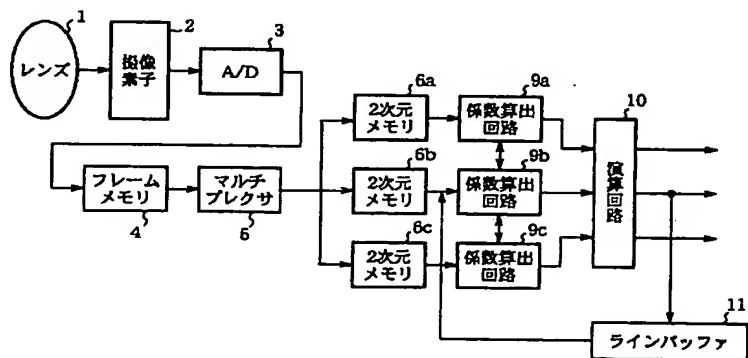
【図14】



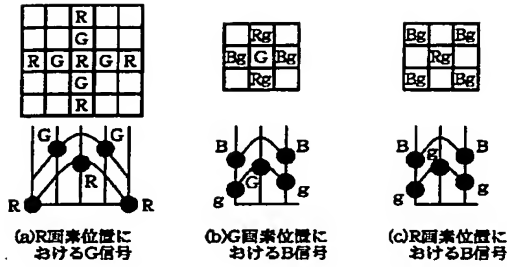
【図15】



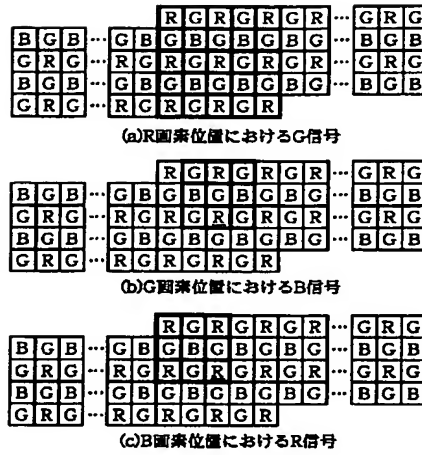
【図16】



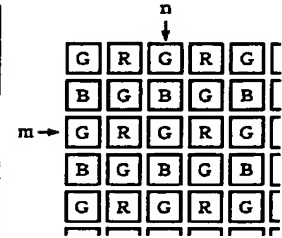
【図17】



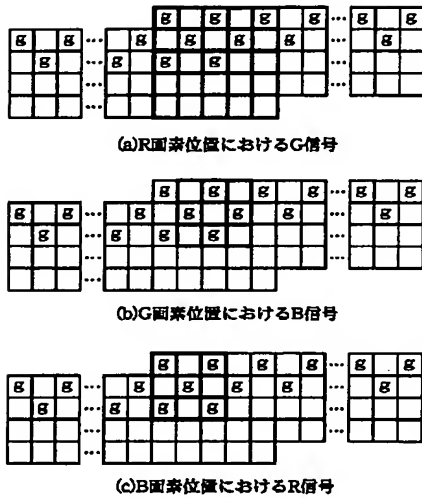
【図18】



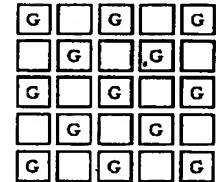
【図20】



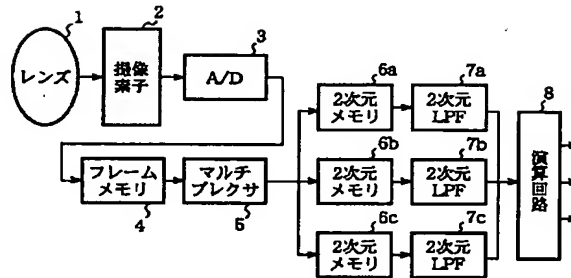
【図19】



【図26】



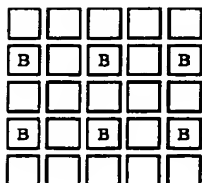
【図24】



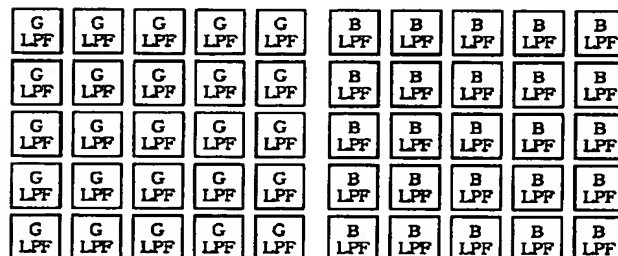
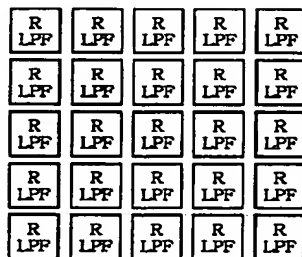
【図29】

【図30】

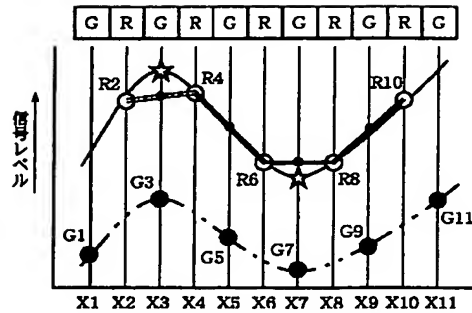
【図27】



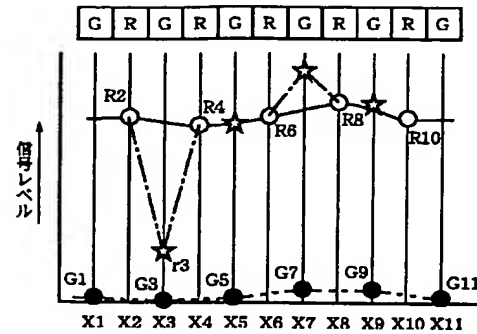
【図28】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B047 AB04 BB04 CB05 CB12 DC11
 5C065 AA03 BB48 CC01 DD02 DD17
 GG13
 5C077 LL19 MM03 MP08 PP32 PP46
 PQ08 PQ18 RR02 RR19
 5C079 HB01 JA13 JA23 LA02 LA28
 LA31 LA34 NA01